

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 06 NOV 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 40 962.5

Anmeldetag: 05. September 2002

Anmelder/Inhaber: Bombardier Transportation GmbH,
Berlin/DE

Bezeichnung: Verfahren und Vorrichtung zur Zustands-
überwachung von Fahrwerken von
Schienenfahrzeugen

IPC: B 60 G, B 60 S

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 09. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Schoiz

Verfahren und Vorrichtung zur Zustandsüberwachung von Fahrwerken von Schienenfahrzeugen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung von Fahrwerken von Fahrzeugen. Die Erfindung ist geeignet für - aber nicht beschränkt auf - den Einsatz in Schienenfahrzeugen.

Wartungskosten von Schienenfahrzeugen und insbesondere von deren Fahrwerken stellen einen erheblichen Anteil an den Betriebskosten dar. Da es bisher im allgemeinen nicht möglich ist, den tatsächlichen Zustand verschleißbehafteter oder Alterungsprozessen unterliegender Komponenten der Fahrwerke von Schienenfahrzeugen im eingebauten Zustand zu beurteilen, werden üblicherweise in festen Abständen Prüf- und Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt, welche mit einer zumindest teilweisen Demontage des Fahrwerks verbunden sind. Dabei sind die Wartungsintervalle so kurz gewählt, dass eine in der Zwischenzeit auftretende Schädigung oder Zustandsverschlechterung eines Fahrwerkselements noch nicht zu einem kritischen Zustand führt. Dies bedingt, dass ein erheblicher Anteil der Arbeiten vorzeitig vorgenommen wird bzw. ein erheblicher Anteil der betreffenden Fahrwerkselemente ausgetauscht wird, obwohl noch keine Verschlechterung ihres Zustands eingetreten ist.

Es sind eine Reihe von Verfahren und Vorrichtungen bekannt, welche einzelne Komponenten der Fahrwerke von Schienenfahrzeugen überwachen.

Eine Reihe bekannter Lösungen betreffen das Vorhandensein von Radreifen bzw. Spurkränzen. Derartige Systeme liefern keine Aussage über den langsam sich verändernden Zustand einer Komponente, sondern beurteilen die momentane Sicherheit des Systems Fahrwerk.

Eine Reihe anderer bekannter Lösungen beschränken sich auf die Messung der im Betrieb auftretenden Schwingungen bzw. Stöße im Fahrwerk und berücksichtigen bei der Beurteilung nur die Verletzung von vordefinierten Grenzwerten, seien es tolerable Amplituden oder Referenzspektren. Auch hier wird also nur eine "gut" - "schlecht" Diskrimination vorgenommen.

Bei einigen bekannten Lösungen wird an als besonders kritisch angesehenen Komponenten ein Sensor angebracht, der gezielt dieses Fahrwerkselement überwacht. Es findet also keine Korrelation der Messungen an verschiedenen Stellen des Fahrwerks statt. Aus den Messwerten wird keine Vorhersage der Restlebensdauer abgeleitet.

Aufgabe der Erfindung ist es, die beschriebenen Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen und insbesondere ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung von Fahrwerken von Fahrzeugen vorzuschlagen, die ermöglichen, kontinuierlich den Zustand der von Verschleiß oder Alterung betroffenen Komponenten eines Fahrwerks zu überwachen und jederzeit eine zuverlässige Bewertung zu erlauben. Diese bildet die Grundlage eines zustandsbezogenen Inspektions- und Instandhaltungsregimes. Dabei wird großer Wert auf eine minimale Anzahl benötigter Sensoren pro Fahrwerk gelegt, um sowohl die Investitionskosten des Überwachungssystems, wie auch dessen Betriebs- bzw. Lebenszykluskosten so niedrig wie möglich zu halten.

Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren zur Zustandsüberwachung von Fahrwerken von Fahrzeugen gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 und eine Vorrichtung zur Zustandsüberwachung von Fahrwerken von Fahrzeugen gemäß den Merkmalen des Anspruchs 10 gelöst.

Das erfindungsgemäße Verfahren basiert auf einem Modell des Fahrwerks einschließlich seiner ggf. vorhandenen aktiven Komponenten sowie auf Korrelationsverfahren bzw. -algorithmen zur Ableitung von Informationen aus verschiedenen gemessenen oder vom übergeordneten Leitsystem gelieferten Werten. Damit wird permanent aufgrund der Sensordaten sowie des Fahrzustands des Fahrzeugs dessen Verhalten simulatorisch prognostiziert, Abweichungen des tatsächlichen Verhaltens von dieser Prognose frühzeitig erkannt und aufgrund des Modells die verursachende Komponente identifiziert und ihr Zustand ermittelt. Zusammen mit einem Modell der Abweichungs- bzw. Schadensentwicklung wird entschieden, ob betriebliche Einschränkungen vorgenommen und wann welche Wartungsmaßnahmen ergriffen werden müssen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung beinhaltet in einer vorteilhaften Ausführung aus einer Reihe von an geeigneten Positionen im Fahrwerk eines Schienenfahrzeugs angebrachten Sensoren, die ggf. integrierter Bestandteil aktiver Elemente im Fahrzeug sein können.

Weiterhin beinhaltet die Vorrichtung eine elektronische Verarbeitungseinheit, welche

- das Modell des Fahrzeugs enthält, das kontinuierlich dessen Parameter identifiziert und mittels diesem kontinuierlich eine simulatorische Prognose dessen Verhaltens erstellt,
- Schadensentwicklungs- bzw. Alterungsmodelle von Komponenten des Fahrzeugs enthält und damit die Restlebensdauer bis zum Erreichen eines kritischen Zustands bzw. bis zu einer notwendigen Wartungsmaßnahme ermittelt bzw. aktualisiert.

In einer vorteilhaften Ausführung enthält die erfindungsgemäße Vorrichtung weiterhin einen Anschluss an ein übergeordnetes Leitsystem des Fahrzeugs, insbesondere Schienenfahrzeugs, über das Daten zum aktuellen Fahrzustand (z. B. Fahrgeschwindigkeit) an die erfindungsgemäße Vorrichtung geliefert bzw. Meldungen von diesem an den Triebfahrzeugführer oder eine externe Leitstelle angesetzt werden können.

Das für die Zustandsbeurteilung und -vorhersage verwendete Modell kann vorzugsweise Bestandteil des integrierten Reglerkonzepts für die aktiven Komponenten des Fahrwerks sein.

Gegenüber dem Stand der Technik erlaubt die erfindungsgemäße Lösung aufgrund der Signale einer minimalen Anzahl Sensoren eine umfassende Beurteilung des Zustands der verschiedenen Komponenten eines damit ausgerüsteten Fahrwerks eines Fahrzeugs, insbesondere Schienenfahrzeugs sowie eine Vorhersage der künftigen Entwicklung dieses Zustands. Damit wird eine zustandsbezogene Planung von Wartungsmaßnahmen ermöglicht, welche zahlreiche durch ein Wartungsregime mit festen Fristen bedingte überflüssige bzw. vorzeitig ergriffene Maßnahmen vermeidet.

Weitere bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Zustandsüberwachung von Fahrwerken von Fahrzeugen, insbesondere Schienenfahrzeugen, **dadurch gekennzeichnet**, dass
 - physikalische Größen am Fahrwerk mittels Sensoren gemessen werden,
 - die gemessenen, gegebenenfalls aufbereiteten Größen mit modellierten Größen mittels einer Verarbeitungseinheit verglichen werden, wobei die modellierten Größen aus spezifischen Größen ermittelt werden,
 - aus dem Vergleich mittels einer oder der Verarbeitungseinheit eine Klassifikation in Klassen von Ursachen erfolgt und
 - infolge der Klassifikation eine Auswertung stattfindet.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass als physikalische Größen Geschwindigkeiten, Beschleunigungen und/oder Kräfte gemessen werden.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verarbeitungseinheit ein Modell des Fahrzeugs enthält, das kontinuierlich dessen Parameter identifiziert und mittels diesem kontinuierlich eine simulatorische Prognose dessen Verhaltens erstellt und/oder Schadensentwicklungs- bzw. Alterungsmodelle von Komponenten des Fahrzeugs enthält und damit die Restlebensdauer bis zum Erreichen eines kritischen Zustands bzw. bis zu einer notwendigen Wartungsmaßnahme ermittelt bzw. aktualisiert.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine elektronische Verarbeitungseinheit, insbesondere ein Computer die gemessenen, gegebenenfalls aufbereiteten Größen mit modellierten Größen vergleicht.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Vergleich mittels Korrelation der gemessenen Größen und der modellierten Größen, gegebenenfalls nach einer Aufbereitung erfolgt.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Klassifikation mittels einer elektronischen Verarbeitungseinheit, insbesondere mittels eines Computers erfolgt.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Klassifikation erfolgt, ob es sich um eine fahrzeuginterne oder externe Ursache handelt.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass eine Klassifikation erfolgt, um welchen Ort der Ursache es sich fahrzeugintern handelt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die eine Berechnung der modellierten Größen erfolgt.
10. Vorrichtung zur Zustandsüberwachung von Fahrwerken von Fahrzeugen, insbesondere zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 mit
 - einem oder mehreren Sensoren zur Messung von physikalischen Größen am Fahrwerk,
 - einer Verarbeitungseinheit zur Berechnung modellierter Größen,
 - einer Verarbeitungseinheit zum Vergleich der gemessenen und gegebenenfalls aufbereiteten Größen mit modellierten Größen,
 - einer Verarbeitungseinheit zur Klassifikation als Ergebnis des Vergleichs und
 - Mittel zur Auswertung.
11. Vorrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die, insbesondere elektronische Verarbeitungseinheit, das Modell des Fahrzeugs enthält, das kontinuierlich dessen Parameter identifiziert und mittels diesem kontinuierlich eine simulatorische Prognose dessen Verhaltens erstellt, und Schadensentwicklungs- bzw. Alterungsmodelle von Komponenten des Fahrzeugs enthält und damit die Restlebensdauer bis zum Erreichen eines kritischen Zustands bzw. bis zu einer notwendigen Wartungsmaßnahme ermittelt bzw. aktualisiert.

12. Vorrichtung nach Anspruch 10 oder 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass an der Verarbeitungseinheit ein Interface an ein übergeordnetes Leitsystem des Fahrzeugs, insbesondere Schienenfahrzeugs, angeschlossen ist, über das Daten zum aktuellen Fahrzustand, beispielsweise die Fahrgeschwindigkeit an die Verarbeitungseinheit geliefert bzw. Meldungen von diesem an den Triebfahrzeugführer oder eine externe Leitstelle übermittelt werden können.
13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Sensor ein Vibrationssensor, ein Beschleunigungssensor, ein Stoßsensor, ein akustischer Sensor, ein Schallsensor, ein Wirbelstromsensor, ein Magnetfeldsensor, ein Temperatursensor, ein Kraftsensor, ein Dehnungssensor, ein Wegsensor, ein Radar-Doppler-Sensor oder ein Ultraschallsensor ist.
14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass mindestens ein Sensor
- an einem Radsatz, insbesondere an einem Rad, an einer Radsatzwelle oder an einem Radsatzlager,
 - an einem Drehgestell- oder Fahrwerksrahmen,
 - an einer Primärfederung, insbesondere an einer Feder, an einem Dämpfer oder an einer Radsatzführung,
 - an einer Sekundärfederung, insbesondere an einer Feder, an einem Dämpfer, vorzugsweise an einem Schlingerdämpfer oder an einem Anschlagpuffer,
 - an einer Zugkraftanlenkung,
 - an einem Antrieb, insbesondere an einem Fahrmotor, an einem Getriebe, an einer Kupplung oder an einer Antriebsaufhängung,
- oder
- an einer Bremse, insbesondere an einer Brems Scheibe, an einem Bremszylinder, an einem Bremsbelag, an einem Bremsklotz, an einem Bremsgestänge oder an einer Bremszange angeordnet ist.

15. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 10 bis 14, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Mittel zur Auswertung eine fahrzeuginterne Signalisierungseinrichtung und/oder eine Signalisierungseinrichtung in einer mobilen oder stationären Leitstelle außerhalb des Fahrzeugs inklusive einer Datenübertragungseinrichtung vom Fahrzeug zur Leitstelle ist.

Zusammenfassung

Verfahren zur Zustandsüberwachung von Fahrwerken von Fahrzeugen, insbesondere Schienenfahrzeugen, wobei physikalische Größen am Fahrwerk mittels Sensoren gemessen werden, die gemessenen, gegebenenfalls aufbereiteten Größen mit modellierten Größen mittels einer Verarbeitungseinheit verglichen werden, wobei die modellierten Größen aus spezifischen Größen ermittelt werden, aus dem Vergleich mittels einer oder der Verarbeitungseinheit eine Klassifikation in Klassen von Ursachen erfolgt und infolge der Klassifikation eine Auswertung stattfindet. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.